

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001358055 A**

(43) Date of publication of application: **26.12.01**

(51) Int. Cl.

**H01L 21/027**  
**G03F 7/20**

(21) Application number: **2000179549**

(71) Applicant: **NIKON CORP**

(22) Date of filing: **15.06.00**

(72) Inventor: **OKUMURA MASAHICO**

(54) **EXPOSURE APPARATUS AND METHOD FOR  
MANUFACTURING DEVICE**

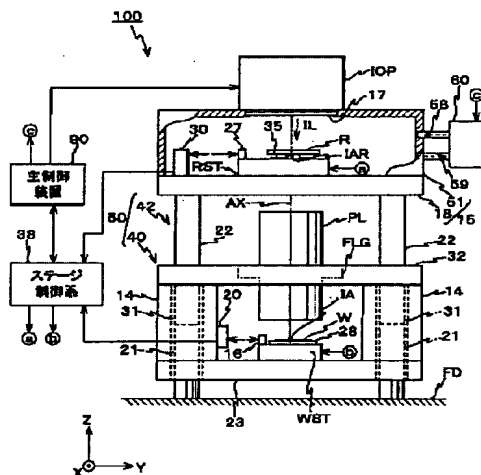
scanning exposure time.

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure apparatus for contributing to further improvement in throughput.

SOLUTION: A reticle stage RST has an electrostatic chuck 35 for attracting reticles R. A chamber 15 for containing the stage RST is provided, and humidity of an atmosphere in the chamber 15 is regulated to a predetermined value or less by a humidity regulator 60. Thus, even when the stage RST is driven at a high acceleration, the reticles R can be stably held by an attracting force of the chuck. When reduction projecting exposure is conducted by a scanning exposure system, large acceleration is required for the stage RST, and hence the stage RST at a scanning exposure time and a wafer stage WST can be highly accelerated at its speed, and the throughput can be improved by shortening the



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号  
特開2001-358055  
(P2001-358055A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001. 12. 26)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テームコード* (参考)
H 0 1 L 21/027		C 0 3 F 7/20	5 2 1 5 F 0 4 6
G 0 3 F 7/20	5 2 1	H 0 1 L 21/30	5 1 6 F
			5 0 3 A
			5 1 8

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願2000-179549 (P2000-179549)

(22) 出願日 平成12年6月15日 (2000. 6. 15)

(71) 出願人 000004112

株式会社ニコン

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

(72) 発明者 奥村 正彦

東京都千代田区丸の内3丁目2番3号 株式会社ニコン内

(74) 代理人 100102901

弁理士 立石 篤司

Fターム(参考) 5F046 AA22 BA05 CC01 CC02 CC08

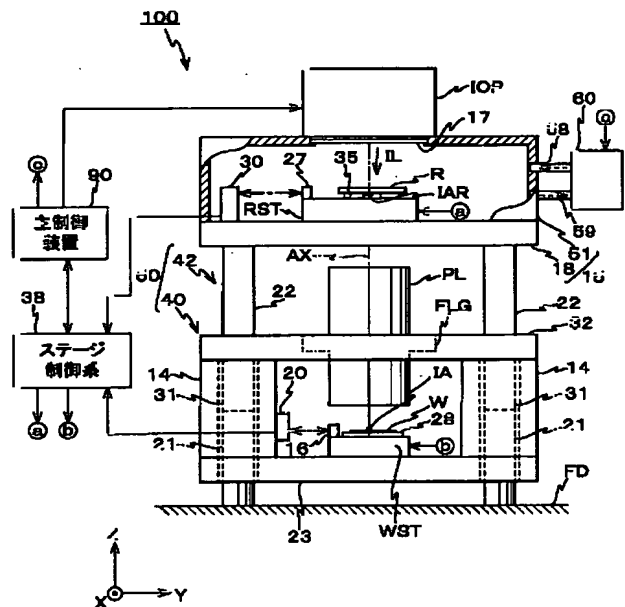
CC09 DA27 DB03

(54) 【発明の名称】 露光装置及びデバイス製造方法

(57) 【要約】

【課題】 スループットの更なる向上に寄与する露光装置を提供する。

【解決手段】 レチクルステージRSTが、レチクルRを吸着する静電チャック35を有している。また、レチクルステージRSTを収納するチャンバ15が設けられ、該チャンバ15内部の雰囲気湿度が湿度調整装置60により所定値以下に調整されている。このため、レチクルステージRSTを高加速度で駆動するときにも、静電チャックの吸着力によりレチクルRを安定して保持することができる。走査露光方式により縮小投影露光を行う場合は、レチクルステージRSTに大きな加速度が要求されるので、走査露光時のレチクルステージRSTとウエハステージWSTの高加速度化、高速化が可能となり、走査露光時間の短縮によりスループットの向上が可能である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1物体に形成されたパターンを第2物体上に転写する露光装置であって、  
前記第1物体を保持する第1ステージと；前記第2物体を保持する第2ステージとを備え、  
前記第1ステージ及び前記第2ステージの内の少なくとも一方の特定ステージが、電極に対する直流電圧の印加により生じる静電気を利用して前記保持対象の物体を吸着する静電チャックを有し、  
前記特定ステージの近傍の雰囲気湿度を調整する湿度調整装置を備える露光装置。

【請求項2】 前記湿度調整装置は、前記特定ステージに設けられた前記静電チャックを構成する前記電極に印加される電圧値と前記特定ステージに要求される加速度とに応じて、前記湿度を調整することを特徴とする請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記特定ステージには、前記保持対象の物体に対する真空吸引及び加圧気体の噴出の少なくとも一方を行うことにより、前記静電チャックと前記保持対象の物体との間に生じる吸引力を増減させるチャック補助機構の少なくとも一部が更に設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記特定ステージは、その一部を構成する絶縁体から成るホルダを有し、該ホルダに、前記静電チャックの電極と前記チャック補助機構の少なくとも一部とが設けられていることを特徴とする請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 第1物体に形成されたパターンを第2物体に転写する露光装置であって、  
前記第1物体を保持する第1ステージと；前記第2物体を保持する第2ステージとを備え、  
前記第1ステージ及び前記第2ステージの内の少なくとも一方の特定ステージが、電極に対する直流電圧の印加により生じる静電気を利用して前記保持対象の物体を吸着する静電チャックと、前記保持対象の物体に対する真空吸引及び加圧気体の噴出の少なくとも一方を行うチャック補助機構の少なくとも一部とを有し、  
前記電極に対する前記電圧の印加を開始してから所定時間の間は前記チャック補助機構による前記保持対象の物体に対する真空吸引を並行して行う第1の制御動作と、  
前記電極に対する前記電圧印加の停止とほぼ同時に前記チャック補助機構から前記保持対象の物体に対して加圧気体の噴出を開始する第2の制御動作との少なくとも一方を行う制御装置を備える露光装置。

【請求項6】 リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、  
前記リソグラフィ工程では、請求項1～5のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とするデバイス製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置及びデバイス製造方法に係り、更に詳しくは、半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程で用いられる露光装置及び該露光装置を用いるデバイス製造方法に関する。

## 【0002】

【従来の技術】従来、半導体素子、液晶表示素子等を製造するリソグラフィ工程では、ステップ・アンド・リピート方式の縮小投影露光装置（いわゆるステッパ）等の静止型露光装置が主として用いられていた。

【0003】しかるに、近時における半導体素子の高集積化やウエハ、マスクあるいはレチクル（以下、「レチクル」と総称する）の大型化に伴い、ステッパに比べてより大きな面積を一度に露光することで、ショット数（露光回数）の減少により高スループット化が可能で、かつ投影光学系の結像特性が良好な部分のみを用いることから高精度な露光が可能なステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置（いわゆるスキャニング・ステッパ）などの走査型露光装置が、その後開発され、今やこの走査型露光装置が主流となりつつある。この走査型露光装置は、投影光学系に対してレチクル及びウエハを相対走査するので、平均化効果があり、ディストーションや焦点深度の向上が期待できる等のメリットもある。

【0004】この種の走査型露光装置における処理効率（スループット）は、レチクルステージ及びウエハステージの走査速度に依存する。すなわち、この処理効率を向上させるためには、ステージの速度及び加速度をより大きくして、走査露光に要する時間を短縮することが効果的である。一般に、微細パターンの露光に用いられる半導体露光装置では、レチクルの縮小像をウエハ上に投影する縮小投影光学系が用いられるため、レチクルステージ側に、ウエハステージ側に比べて高い速度及び加速度が要求される。従って、レチクルを保持する機構には、このような高加速に耐え、レチクルを安定的に保持することが求められている。

【0005】現状のスキャニング・ステッパでは、このレチクルを保持する機構として、真空吸引力を利用してレチクルステージ上でレチクルを吸着保持する真空チャック機構（以下、適宜「真空チャック」と呼ぶ）が採用されている。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】半導体露光装置に対する高スループット化の要求は、ますます厳しくなり、これに対応するためにはレチクルステージの更なる高加速化の実現は必要不可欠である。

【0007】上述した真空チャックにおける吸着力は、吸引圧力と外気圧との差に、吸着面積を乗じたものにほぼ比例する。そのため、真空チャックにおけるレチクルに対する吸着部の面積の拡大の努力はこれまでも行われ

てきたが、今やこれも限界に達している。このような吸着部の面積が限られている状況（条件）の下で、しかも大気圧状態下、すなわち空気雰囲気中で真空チャック機構を用いる場合には、発生する吸着力にも必然的に限界がある。

【0008】そのため、最近では、レチクルステージ（レチクル支持部材）に電極を埋め込み、レチクルとの間に電位差を与え、静電引力による吸着を行う静電チャック機構（以下、適宜「静電チャック」と呼ぶ）を真空チャックに代えて採用する動きがある。

【0009】しかしながら、現在までの段階では、レチクルステージに今後要求される最大加速度に耐え、安定してレチクルを保持できるだけの吸着力は得られていないのが実情である。

【0010】更に、静電チャックでは、電極に対する電圧の印加を開始してから十分な吸着力が発生するまでの時間（ある程度の電荷が蓄積するまでの時間）が、真空チャックの場合の吸引開始からその十分な吸着力が発生するまでの時間に比べて長くなる。また、静電チャックでは、電極に対する電圧の印加を停止してから吸着力が零となるまでの時間（電荷が全て解放されるまでの時間）も、真空チャックの場合の吸引力が零になるまでの時間に比べて長くなってしまふ。前者は、レチクルをレチクルステージ上に載置してから加速を開始するまでに時間を要することを意味し、後者は、レチクルを取り外せるまでの時間が長く掛かること、すなわちレチクル交換に要する時間が増大することを意味し、いずれも全体的なスループットを低下させる要因となっている。

【0011】本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、スループットの更なる向上に寄与する露光装置を提供することにある。

【0012】本発明の第2の目的は、デバイスの生産性を向上することが可能なデバイス製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】発明者は、大気圧下の空気中での使用を前提として、印加電圧、ステージ加速度等のこれまでに考慮されていたパラメータ以外の静電チャックの吸着力の安定性に影響を与えるパラメータを見つけ出せば上記の目的を達成でき得るであろうとの考えの下、鋭意研究を重ねた結果、湿度が静電チャックの吸着力に予想外の影響を与えていることを見出した。本発明は、かかる発明者の得た新規知見に基づいてなされたもので、以下のような構成を採用する。

【0014】請求項1に記載の発明は、第1物体（R）に形成されたパターンを第2物体（W）上に転写する露光装置であって、前記第1物体を保持する第1ステージ（RST）と；前記第2物体を保持する第2ステージ（WST）とを備え、前記第1ステージ及び前記第2ステージの内の少なくとも一方の特定ステージが、電極

（45a～45d）に対する直流電圧の印加により生じる静電気を利用して前記保持対象の物体を吸着する静電チャック（35）を有し、前記特定ステージの近傍の雰囲気湿度を調整する湿度調整装置（60）を備える。

【0015】これによれば、第1物体を保持する第1ステージと、第2物体を保持する第2ステージの内の少なくとも一方の特定ステージが、電極に対する直流電圧の印加により生じる静電気を利用して保持対象の物体を吸着する静電チャックを有しており、この特定ステージ近傍の雰囲気湿度を湿度調整装置によって調整することができる。

【0016】発明者の行った実験結果によると、電極に対する印加電圧が同一の値であるとき、静電チャックの発生する吸着力は、湿度が小さい程、大きくなることが判明した。従って、湿度調整装置が湿度を低めに調整することにより、特定ステージを高加速度で駆動するときにも、静電チャックの吸着力により安定して保持対象の物体を保持することができる。例えば、走査露光方式により縮小投影露光を行う場合は、通常、第1物体を保持する第1ステージの方に大きな加速度が要求されるので、特定ステージを少なくとも第1ステージとすることにより、その特定ステージ（第1ステージ）と第2ステージとを同期移動して第1物体に形成されたパターンを支障無く第2物体上に転写することができ、第2ステージは勿論、第1ステージの高加速度化、高速化による走査露光時間の短縮によりスループットの向上が可能である。なお、本発明は走査型の露光装置のみならず静止型の露光装置にも好適に適用できる。

【0017】この場合において、請求項2に記載の発明の如く、前記湿度調整装置は、前記特定ステージに設けられた前記静電チャックを構成する前記電極に印加される前記電圧値と前記特定ステージに要求される加速度とに応じて、前記湿度を調整することとすることができる。

【0018】上記請求項1及び2に記載の各発明に係る露光装置において、請求項3に記載の発明の如く、前記特定ステージには、前記保持対象の物体に対する真空吸引及び加圧気体の噴出の少なくとも一方を行うことにより、前記静電チャックの発生する静電吸引力を増減させるチャック補助機構の少なくとも一部（37、71、72、73）が更に設けられていることとすることができる。かかる場合には、チャック補助機構を特定ステージに対する保持対象の物体のロード時、アンロード時に併用することにより、吸着力を速やかに増加させたり、速やかに零にしたりすることが可能になる。

【0019】この場合において、静電チャック及びチャック補助機構の少なくとも一部は、特定ステージに直接設けられていても良いが、請求項4に記載の発明の如く、前記特定ステージは、その一部を構成する絶縁体から成るホルダ（33a'～33d'）を有し、該ホルダ

に、前記静電チャックの電極と前記チャック補助機構の少なくとも一部とが設けられていることとしても良い。

【0020】請求項5に記載の発明は、第1物体(R)に形成されたパターンを第2物体(W)に転写する露光装置であって、前記第1物体を保持する第1ステージ(RST)と；前記第2物体を保持する第2ステージ(WST)とを備え、前記第1ステージ及び前記第2ステージの内の少なくとも一方の特定ステージが、電極(45a~45d)に対する直流電圧の印加により生じる静電気を利用して前記保持対象の物体を吸着する静電チャック(35')と、前記保持対象の物体に対する真空吸引及び加圧気体の噴出の少なくとも一方を行うチャック補助機構の少なくとも一部(37, 71, 72, 73)とを有し、前記電極に対する前記電圧の印加を開始してから所定時間の間は前記チャック補助機構による前記保持対象の物体に対する真空吸引を並行して行う第1の制御動作と、前記電極に対する前記電圧印加の停止とほぼ同時に前記チャック補助機構から前記保持対象の物体に対して加圧気体の噴出を開始する第2の制御動作との少なくとも一方を行う制御装置(90)を備える。

【0021】これによれば、例えばチャック補助機構が保持対象の物体に対する真空吸引を行う場合には、制御装置は、第1の制御動作、すなわち電極に対する電圧の印加を開始してから所定時間の間はチャック補助機構による真空吸引を並行して行う。この場合、電極に対して電圧が印加されてから、所定時間(例えば、目標とする吸着力を得るまで)の間、真空吸引が並行して行われるので、目標とする吸着力が発生するまでに掛かる時間を短縮することができ、特定ステージ上に載置される物体の吸着動作を開始してから所望の加速度で移動を開始することができるまでの時間を短くすることができる。

【0022】また、チャック補助機構が加圧気体の噴出を行う場合には、制御装置は、第2の制御動作、すなわち電極に対する電圧印加の停止とほぼ同時にチャック補助機構から物体に対する加圧気体の噴出を開始する。この場合、電極に対する印加電圧の停止とほぼ同時に加圧気体の噴出が開始されるので、印加電圧の停止後しばらくの間、静電チャックの吸着力が残留していても、チャック補助機構による加圧気体の噴出により相殺され、全体としての吸着力を瞬時にほぼ零にすることができる。従って、印加電圧の停止後、特定ステージ上から物体を取り外すことができるまでの時間を短くすることができる。

【0023】すなわち、制御装置が第1の制御動作と第2の制御動作との少なくとも一方を行うことにより、装置全体のスループットを向上させることが可能となる。なお、請求項5に記載の発明に係る露光装置では、前述した請求項1~4に記載の各発明と同様にステージ周囲雰囲気の湿度制御を行っても良いが、必ずしも行う必要はない。すなわち、ステージ周囲は空気以外の雰囲気

下、あるいは減圧下でも良い。また、走査型の露光装置に限らず静止型の露光装置にも好適に適用することができる。

【0024】請求項6に記載の発明は、リソグラフィ工程を含むデバイス製造方法であって、前記リソグラフィ工程では、請求項1~5のいずれか一項に記載の露光装置を用いて露光を行うことを特徴とする。これによれば、リソグラフィ工程で請求項1~5に記載の各露光装置を用いて露光が行われるので、その際のスループットの向上が可能であり、結果的にデバイスの生産性を向上させることができる。

【0025】

【発明の実施の形態】《第1の実施形態》以下、本発明の第1の実施形態を図1~図5に基づいて説明する。

【0026】図1には、第1の実施形態に係る露光装置100の概略構成が示されている。この露光装置100は、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置、すなわち、いわゆるスキヤニング・ステッパである。

【0027】この露光装置100は、露光用照明光(以下、「照明光」と略述する)ILにより第1物体としてのレチクルR上のスリット状(X軸方向に細長い長方形状又は円弧状)の照明領域を均一な照度で照明する照明系IOP、レチクルRをY軸方向に所定のストロークで駆動するとともに、X軸方向、Y軸方向及びθz方向(Z軸回りの回転方向)に微小駆動する第1ステージ(及び特定ステージ)としてのレチクルステージRST、レチクルRから射出される照明光ILをウエハW上に投射する投影光学系PL、第2物体としてのウエハWをXY平面内でXY2次元方向に駆動する第2ステージとしてのウエハステージWST、レチクルステージRST、ウエハステージWST及び投影光学系PL等が搭載された本体コラム50、及びこれらの制御系等を備えている。

【0028】前記照明系IOPは、例えば、特開平9-320956号公報、特開平4-196513号公報などに開示されるように、光源ユニット、シャッタ、2次光源形成光学系、ビームスプリッタ、集光レンズ系、レチクルブラインド、及び結像レンズ系等(いずれも不図示)から構成され、照度分布のほぼ均一な露光用照明光を射出する。そして、この照明光がレチクルR上の矩形(あるいは円弧状)の照明領域IARを均一な照度で照明する。ここで、露光用照明光としては、例えば、超高圧水銀ランプからの紫外域の輝線(g線、i線)や、KrFエキシマレーザ光(波長248nm)、ArFエキシマレーザ光(波長193nm)、F<sub>2</sub>レーザ光などの遠紫外域又は真空紫外域の光が用いられる。

【0029】前記本体コラム50は、クリーンルームの床面FDに植設された3本あるいは4本の円柱型の支持柱21及びこれら支持柱21上にそれぞれ搭載された防

振機構31によって支持されたウエハステージ架台40と、該ウエハステージ架台40上に搭載されたレチクルステージ架台42とを備えている。

【0030】前記ウエハステージ架台40は、前記投影光学系PLを保持する鏡筒定盤32と、該鏡筒定盤32から下方に延設された3本あるいは4本の吊り下げ脚部14と、これら吊り下げ脚部14によってほぼ水平に吊り下げ支持されたウエハステージ定盤23とから構成されている。

【0031】前記鏡筒定盤32には、その中央に平面視円形の段付き開口が形成され、該段付き開口を介して投影光学系PLが上方から挿入されている。この投影光学系PLの鏡筒部にはその高さ方向ほぼ中央位置にフランジFLGが設けられ、該フランジFLGを介して投影光学系PLが鏡筒定盤32に固定されている。

【0032】前記レチクルステージ架台42は、ウエハステージ架台40の上面に植設された3本或いは4本の脚部22と、これらの脚部22によって水平に支持され、中央部に矩形状の開口63（図2参照）が設けられた天板18とによって構成されている。

【0033】前記天板18は、照明系IOPが格納された照明系ハウジングと隙間無く接合された隔壁51とともに、レチクルステージチャンバ15を構成しており、その内部空間が外部から隔離されている。このレチクルステージチャンバ15の隔壁51は、ステンレス（SU S）等の脱ガスの少ない材料にて形成されている。

【0034】レチクルステージチャンバ15の隔壁51の天井部には、矩形の開口が形成されており、この開口部に照明系を収納するハウジングの内部空間と、レチクルRが配置されるレチクルステージチャンバ15の内部空間とを分離する状態で透過窓17が配置されている。この透過窓17は、照明系IOPからレチクルRに照射される照明光ILの光路上に配置されるため、照明光ILに対して透過性の高い材料によって形成されている。また、前記天板18に形成された開口63（図2参照）には、レチクルステージチャンバ15の内部空間と外部とを分離する状態で不図示の透過窓が配置されている。

【0035】また、レチクルステージチャンバ15の隔壁51には、図1に示されるように給気配管58及び排気配管59が設けられている。この給気配管58は、レチクルステージチャンバ15内部の湿度調整を行う湿度調整装置60の一端に接続されており、排気配管59は、該湿度調整装置60の他端に接続されている。なお、図1においては、湿度調整装置は、作図の便宜上から他の部分に比べてかなり小さく示されている。

【0036】この湿度調整装置60は、例えば、給気配管58及び排気配管59にそれぞれ一端と他端が接続された空気経路と、この空気経路の途中に設けられた冷却器、前記レチクルステージチャンバ15内部の気体を排気配管59を介して冷却器に送り込み、冷却器を経由し

た空気を給気配管58を介して再びレチクルステージチャンバ15内部に排出するポンプ、前記ポンプにより冷却器に送り込まれる空気の流量を制御する流量調整弁、及び前記流量調整弁及びポンプを制御するコントローラ（いずれも図示省略）によって構成することができる。前記冷却器としては、一定温度（レチクルステージチャンバ15等を含む露光装置本体が収納された不図示のエンバイロンメンタル・チャンバ内の温度、圧力（例えば大気圧）条件下における露点以下の温度）に冷却された所定長さの管などを用いることができる。この冷却器によると、ポンプにより送り込まれた空気を露点以下に冷却し、水蒸気を結露させることで、湿度を低下させることができる。湿度調整装置60を構成する不図示のコントローラでは、主制御装置90からの指令値に応じて、流量調整弁及びポンプを制御することにより、レチクルステージチャンバ15の内部が所定の湿度に保たれるように湿度の調整を行う（これについては、更に後述する）。なお、レチクルステージチャンバ15内部は、湿度調整装置60によって湿度のみならず、温度、圧力も所定値に維持されるようになっている。勿論、この温度、圧力等の制御は、湿度調整装置以外の装置によって行っても良い。

【0037】前記本体コラム50を構成するレチクルステージ架台42の天板18上には、レチクルステージRSTが載置されている。このレチクルステージRST上には、静電チャック35を介してレチクルRが吸着固定されている。なお、静電チャック35については、後に詳述する。

【0038】レチクルステージRSTは、図1におけるレチクルステージチャンバ15における天井部分を取り除いて示す横断面図である図2に示されるように、天板18上を一对のリニアモータ25A、25Bにより、所定の走査方向（ここではY軸方向とする）に、所定ストローク範囲で駆動可能となっている。

【0039】これを更に詳述すると、レチクルステージRSTのX軸方向両側の側面には、前記一对のリニアモータ25A、25Bの可動子19A、19Bがそれぞれ突設されており、これらの可動子19A、19Bに対向して該一对の可動子19A、19Bのそれぞれとともに前記リニアモータ25A、25Bをそれぞれ構成する固定子（リニアガイド）29A、29Bが走査方向であるY軸方向にそれぞれ延設されている。

【0040】レチクルステージRSTの上面の-X側端部には、平面ミラーから成るレチクルX移動鏡27Xが固定され、該移動鏡27Xに対してレチクルX干渉計30Xからの測長ビームが垂直に照射されている。また、レチクルステージRSTの上面の-Y側端部には、1対のコーナーキューブ27Y<sub>1</sub>、27Y<sub>2</sub>が固定されており、この1対のコーナーキューブ27Y<sub>1</sub>、27Y<sub>2</sub>に一对のダブルパス干渉計を含むレチクルY干渉計30Yの

各測長軸の測長ビームがそれぞれ垂直に照射されている。

【0041】このレチクルX干渉計30XによってレチクルステージRSTのX軸方向の位置が例えば0.5~1nm程度の分解能で常時検出され、レチクルY干渉計30Yによって、レチクルステージRSTに $\theta z$ 回転が存在しても、それぞれの測長ビームの投射位置のY軸方向位置を例えば0.5~1nm程度の分解能で精度良く検出することができる。また、レチクルY干渉計30Yの各測長軸の計測値の差に基づいてレチクルステージRSTに $\theta z$ 回転(ヨーイング)も計測することができる。このようにレチクル移動鏡は、X移動鏡27X、コーナーキューブ27Y<sub>1</sub>、27Y<sub>2</sub>が設けられ、これに対応してレチクルレーザ干渉計もレチクルX干渉計30X、レチクルY干渉計30Yが設けられているが、図1では、これらが代表的にレチクル移動鏡27、レチクルレーザ干渉計30として図示されている。

【0042】上記のレチクル干渉計30(干渉計30X、30Y)によって計測されるレチクルステージRSTの位置情報(又は速度情報)、すなわちレチクルRの位置情報(又は速度情報)はステージ制御系38及びこれを介して主制御装置90に供給される。ステージ制御系38は、基本的にはレチクル干渉計30から出力される位置情報(又は速度情報)が主制御装置90からの指令値と一致するようにリニアモータ25A、25Bを制御している。

【0043】前記投影光学系PLとしては、ここでは両側テレセントリックな縮小系であり、光軸AX方向(Z軸方向)に沿って所定間隔で配置された複数枚のレンズエレメントから成る屈折光学系が使用されている。この投影光学系PLの投影倍率 $\beta$ は、例えば1/4、1/5あるいは1/6である。このため、照明系IOPからの照明光によってレチクルRの照明領域IARが照明されると、このレチクルRを通過した照明光により、投影光学系PLを介してレチクルRの照明領域IAR内の回路パターンの縮小像(部分倒立像)が表面にフォトリソが塗布されたウエハW上の前記照明領域IARに共役な露光領域IAに形成される。

【0044】前記ウエハステージWST上には、ウエハホルダ28が真空吸着によって固定されており、このウエハホルダ28上に不図示のバキュームチャック等を介してウエハWが吸着固定されている。このウエハステージWSTは、例えば、リニアモータ等を含む不図示のウエハステージ駆動部により、ステージ定盤23の上方でY軸及びX軸の2次元方向に駆動される。すなわち、ウエハステージWSTは走査方向(Y軸方向)の移動のみならずウエハW上の複数のショット領域を前記レチクル上の照明領域IARと共役な露光領域IAに位置させることができるように、走査方向に垂直な非走査方向(X軸方向)にも移動可能に構成されており、ウエハW上の

各ショット領域を走査(スキャン)露光する動作と、次のショットの露光のための走査開始位置まで移動するステッピング動作とを繰り返すステップ・アンド・スキャン動作を行なう。

【0045】ウエハステージWST上面のX軸方向の一侧の端部には、X位置計測用のX移動鏡がY軸方向に延設され、Y軸方向の一侧の端部には、Y位置計測用のY移動鏡がX方向に延設されている。また、X移動鏡に対向してX位置計測用のウエハレーザ干渉計(以下、「ウエハ干渉計」という)が設けられ、また、Y移動鏡に対向してY位置計測用のウエハ干渉計が設けられており、ウエハ干渉計それぞれからの測長ビームが対向する移動鏡に向かって照射されている。このように、ウエハ移動鏡は、X移動鏡、Y移動鏡が設けられ、これに対応してレーザ干渉計もX位置計測用、Y位置計測用のものが設けられているが、図1では、これらが代表的に移動鏡16、ウエハ干渉計20として示されている。

【0046】上述したウエハ干渉計20によって、ウエハステージWSTのX、Y、 $\theta z$ 方向の位置が所定の基準位置、例えば投影光学系PLの側面を基準として例えば0.5~1nm程度の分解能で常時計測される。そして、ウエハ干渉計20からのウエハステージWSTの位置情報(又は速度情報)はステージ制御系38及びこれを介して主制御装置90に送られ、ステージ制御系38では主制御装置90からの指示に応じてウエハステージWSTの位置情報(又は速度情報)に基づいてウエハ駆動部(図示省略)を介してウエハステージWSTを駆動する。

【0047】次に、レチクルステージRSTに設けられた静電チャック35について、レチクルステージRST上からレチクルRを取り去った状態を示す図3の斜視図に基づいて詳細に説明する。レチクルステージRSTの中央部に形成された前記開口61の4角の近傍には、図3に示されるように、レチクルを4角近傍の4点で支持(保持)するホルダとしてのレチクル支持部材33a、33b、33c、33dがそれぞれ配置されており、その内部には、静電チャック35を構成する電極としての平板電極45a、45b、45c、45dがそれぞれ内蔵されている(埋め込まれている)。なお、レチクル支持部材33a~33dは、それぞれの少なくとも表面近傍部分は、導電性が低く、かつ脱ガスの少ない材質(テフロン(登録商標)など)により形成することが望ましい。

【0048】前記平板電極45a~45dのうちの2つの平板電極45a、45dは、導線46Aを介してスイッチSWの一端に接続され、このスイッチSWの他端は、直流電圧源55の一侧(負極側)に接続されている。また、残り2つの平板電極45b、45cは、導線46Bを介して直流電圧源55の他側(正極側)に接続されている。

【0049】ここで、上述のようにして構成された静電チャック35を介してレチクルRをレチクルステージRST上で保持する方法について、その吸着原理を含めて簡単に説明する。ここで、レチクルRは一方の面に回路パターンが形成された石英ガラス等のガラス基板から成り、前記回路パターンが形成されたパターン面側のパターン領域の4角の部分レチクル支持部材33a~33dによって支持される。以下の説明では、レチクルRのレチクル支持部材33a、33b、33c、33dによってそれぞれ支持される部分には、図4に示されるように、導電性の高いクロム等の金属膜36a、36b、36c、36d（但し、図4における紙面裏側の金属膜36c、36dは不図示）が蒸着によって形成されているものとする。なお、図4においては、金属膜36a、36bの厚さを説明の便宜上から金属板と思える程度に厚くしているが、実際には、数 $\mu\text{m}$ 程度の厚さである。

【0050】まず、不図示のレチクルローダにより、レチクルステージRST上のレチクル支持部材33a~33d上にレチクルRが載置されると、主制御装置90からの指示に応じて、ステージ制御系38によりスイッチSWがオンにされる。これにより、直流電圧源55から平板電極45a、45dと、平板電極45b、45cとの間に直流電圧が印加される。この直流電圧の印加から所定時間経過すると、図4に示されるように、静電誘導により、レチクル支持部材33a、33bが分極するとともに、金属膜36a、36bが帯電する。

【0051】これを更に詳述すると、図4に示されるように、レチクル支持部材33a側では、直流電圧源55の負極に接続された平板電極45aの表面（上面）に負の電荷が蓄積し、この平板電極45aとの境界面近傍のレチクル支持部材33a部分がプラスに帯電し、これと反対側の金属膜36aとの境界面近傍のレチクル支持部材33a部分がマイナスに帯電する。また、金属膜36aのレチクル支持部材33aとの境界面の近傍はプラスに帯電する。さらに、図示は省略されているが、金属膜36aのレチクルRとの境界面側はマイナスに帯電し、レチクルRの金属膜36aとの境界面側（パターン面側）はプラスに帯電する。

【0052】従って、レチクル支持部材33a側では、平板電極45a表面に帯電するマイナスの電荷と、金属膜36aのレチクル支持部材33aとの境界面近傍に帯電するプラス電荷及びレチクルパターン面近傍に帯電するプラス電荷との間の、静電引力（クーロン引力）により、レチクルRがレチクル支持部材33aに吸着される。

【0053】また、レチクル支持部材33b側では、図4に示されるように、直流電圧源55の正極に接続された平板電極45bの表面（上面）に正の電荷が蓄積し、この平板電極45bとの境界面近傍のレチクル支持部材33b部分がマイナスに帯電し、これと反対側の金属膜

36bとの境界面近傍のレチクル支持部材33b部分がプラスに帯電する。また、金属膜36bのレチクル支持部材33bとの境界面の近傍はマイナスに帯電する。勿論、レチクル支持部材33bの内部では分極状態が生じている。さらに、図示は省略されているが、金属膜36bのレチクルRとの境界面側はプラスに帯電し、レチクルRの金属膜36bとの境界面側（パターン面側）はマイナスに帯電する。

【0054】従って、レチクル支持部材33b側では、平板電極45b表面に帯電するプラスの電荷と、金属膜36bのレチクル支持部材33bとの境界面近傍に帯電するマイナス電荷及びレチクルパターン面近傍に帯電するマイナス電荷との間の、静電引力（クーロン引力）により、レチクルRがレチクル支持部材33bに吸着される。

【0055】また、図示は省略されているが、レチクル支持部材33c側では、直流電圧の印加から所定時間経過すると、静電誘導により、レチクル支持部材33cが分極し、金属膜36c、レチクルRが帯電する。この場合の各部材の帯電状態は、前述したレチクル支持部材33b側と同様になる。従って、レチクル支持部材33c側では、平板電極45c表面に蓄積されるプラスの電荷と、金属膜36cのレチクル支持部材33cとの境界面近傍に帯電するマイナス電荷及びレチクルパターン面近傍に帯電するマイナス電荷との間の、静電引力（クーロン引力）により、レチクルRがレチクル支持部材33cに吸着される。

【0056】また、同じく図示は省略されているが、レチクル支持部材33d側では、直流電圧の印加から所定時間経過すると、静電誘導により、レチクル支持部材33dが分極し、金属膜36d、レチクルRが帯電する。この場合の各部材の帯電状態は、前述したレチクル支持部材33a側と同様になる。従って、レチクル支持部材33d側では、平板電極45d表面に蓄積されるマイナスの電荷と、金属膜36dのレチクル支持部材33dとの境界面近傍に帯電するプラス電荷及びレチクルパターン面近傍に帯電するプラス電荷との間の、静電引力（クーロン引力）により、レチクルRがレチクル支持部材33dに吸着される。

【0057】このようにして、レチクルRは静電チャック35により静電吸着され、レチクルステージRST上にて保持される。

【0058】ところで、本実施形態では、投影光学系PLとして投影倍率 $\beta$ （例えば $1/4$ 、 $1/5$ あるいは $1/6$ ）の縮小系が採用されているので、露光時には、レチクルステージRSTをウエハステージWSTの走査速度 $V_w$ の $1/\beta$ 倍、例えば4倍、5倍、あるいは6倍等の速度 $V_r (=V_w/\beta)$ で走査する必要がある、要求される加速度も必然的に大きくなる。このため、レチクルRは、その要求される加速度で駆動しても、レチクル



ステージRST上でずれないように安定して保持される必要がある。

【0059】先にも説明したように、発明者は、湿度が静電チャックの吸着力に予想外の影響を与えていることを見出した。このため、本実施形態では、レチクルステージRST付近の湿度を、湿度調整装置60により調整して、静電チャック35によるレチクルRに対する吸着力を十分に維持できるようにしている。

【0060】以下、これについて詳述する。図5には、発明者が行った実験の結果得られた静電チャックの電極に対する印加電圧E（横軸）と静電吸着力P（縦軸）との関係が、湿度（相対湿度）によって如何なる影響を受けるかを説明するためのグラフの一例が示されている。この図5において、実線L1は、真空中（相対湿度0%）における印加電圧と静電吸着力との関係を示し、一点鎖線L2は、相対湿度50%における印加電圧と静電吸着力との関係を示し、二点鎖線L3は、相対湿度75%における印加電圧と静電吸着力との関係を示し、

$$P = k \cdot E \cdot (1 - H_R \times 0.01) \quad (1)$$

ここで、kは、レチクルRを吸着する電極の形状、材質などに依存する定数である。

【0064】一方、レチクルRをレチクルステージRST上のレチクル支持部材上に載置して静電チャック35により吸着し、レチクルRがレチクルステージRSTに

$$F > F_0$$

【0065】レチクルRの質量をm (kg)、レチクルステージRSTに要求される最大加速度を $\alpha$  (m/s<sup>2</sup>)、

$$F_0 = m \cdot \alpha$$

【0066】また、レチクルRとレチクル支持部材との間の最大静止摩擦係数を $\mu$ とすると、摩擦力F (N)

$$F = \mu \cdot P = \mu \cdot k \cdot E \cdot (1 - H_R \times 0.01) \quad (2)$$

【0067】従って、要求される最大加速度 $\alpha$ でレチクルRがずれない（滑りを発生しない）ための条件は、式

$$\mu \cdot k \cdot E \cdot (1 - H_R \times 0.01) > m \cdot \alpha \quad (3)$$

【0068】上式(3)を変形すると、次式(4)の要求される最大加速度 $\alpha$ 、印加電圧Eと、相対湿度 $H_R$ と

$$H_R < 100 \{ 1 - m \cdot \alpha / (\mu \cdot k \cdot E) \} \quad (4)$$

【0069】以上より、要求される最大加速度 $\alpha$ 、印加電圧Eに応じて、式(4)が成立するように、相対湿度 $H_R$ を制御することにより、レチクルRの位置ずれを回避することができると言える。

【0070】そこで、本実施形態では、主制御装置90から与えられる最大加速度 $\alpha$ 、直流電圧源55から電極への印加電圧（一定電圧）Eの情報に基づいて、湿度調整装置60（のコントローラ）が、上式(4)が成立するように、前述した流量調整弁及びポンプを制御することにより、レチクルステージチャンバ15内部の湿度を調整する。これにより、レチクルRに対する高い吸着力を常に安定して確保することができるようになっている。

【0071】次に、上述のようにして構成された露光装

置における印加電圧と静電吸着力との関係を示す。なお、温度、圧力等の条件は、露光装置のエンバイロメント・チャンバ内とほぼ同一条件に設定した場合の例である。

【0061】この図5のグラフからわかるように、静電吸着力Pは、印加電圧Eが大きいほど大きく、雰囲気相対湿度が低いほど大きくなる傾向がある。この理由としては、相対湿度の高い雰囲気中では、レチクルと静電チャックとの間の電気抵抗が低下するため、十分な電荷を帯電させることができないことが原因であると考えられる。

【0062】発明者は、いろいろな相対湿度条件下で、実験を繰り返して図5のようなデータを得、これらに基づいて解析した結果、静電吸着力P (N)と、印加電圧E (V)、相対湿度 $H_R$  (%)との間の関係は、およそ次式(1)のように表すことができることが判明した。

【0063】

$$\dots\dots (1)$$

対して位置ずれしないための条件は、レチクルステージRSTの駆動時にレチクルRに対して作用する慣性力 $F_0$ が、レチクルRとレチクル支持部材との間の摩擦力Fより小さいこと、すなわち、次式(2)が成立することである。

$\dots\dots (2)$

s<sup>2</sup>)、レチクルRに作用する慣性力 $F_0$  (N)は、次式(3)で表される。

$\dots\dots (3)$

は、式(1)より次式(4)で表される。

(3)、式(4)と式(2)とから、次式(5)で表すことができる。

$\dots\dots (5)$

が満足しなければならない関係が求められる。

置100による露光動作の流れについて図1を参照しつつ、簡単に説明する。

【0072】まず、主制御装置90の管理の下、不図示のレチクルロード、ウエハロードによって、レチクルロード、ウエハロードが行なわれ、また、レチクル顕微鏡、ウエハステージWST上の基準マーク板、オフアクシス・アライメント検出系（いずれも図示省略）等を用いて、レチクルアライメント、ベースライン計測（アライメント検出系の検出中心と投影光学系PLの光軸との間の距離の計測）等の準備作業が所定の手順で行なわれる。

【0073】その後、主制御装置90により、不図示のアライメント検出系を用いて例えば特開昭61-44429号公報などに開示されるEGA（エンハンスド・グ

ローバル・アライメント)等のウエハアライメントが実行される。このようなアライメントの終了後、以下のようにしてステップ・アンド・スキャン方式の露光動作が行なわれる。

【0074】この露光動作にあたって、主制御装置90からのアライメント結果に基づく指示に応じて、ステージ制御系38がウエハ干渉計20の計測値をモニタしつつウエハWのファーストショット(第1番目のショット領域)の露光のための走査開始位置にウエハステージWSTを移動する。そして、ステージ制御系38では、リニアモータ25A、25B及びウエハ駆動系を介してレチクルステージRSTとウエハステージWSTとのY軸方向の走査を開始し、両ステージRST、WSTがそれぞれの目標走査速度に達すると、照明光ILによってレチクルRのパターン領域が照明され始め、走査露光が開始される。

【0075】ステージ制御系38では、特に上記の走査露光時にレチクルステージRSTのY軸方向の移動速度 $V_r$ とウエハステージWSTのY軸方向の移動速度 $V_w$ とが投影光学系PLの投影倍率 $\beta$ に応じた速度比に維持されるようにレチクルステージRST及びウエハステージWSTを同期制御する。

【0076】そして、レチクルRのパターン領域の異なる領域が紫外パルス光で逐次照明され、パターン領域全面に対する照明が完了することにより、ウエハW上のファーストショットの走査露光が終了する。これにより、レチクルRの回路パターンが投影光学系PLを介してファーストショットに縮小転写される。

【0077】このようにして、ファーストショットの走査露光が終了すると、主制御装置90からの指示に応じ、ステージ制御系38により、ウエハステージWSTがX、Y軸方向にステップ移動され、セカンドショット(第2番目のショット領域)の露光のための走査開始位置に移動される。

【0078】そして、主制御装置90の管理の下、セカンドショットに対して上記と同様の走査露光が行われる。

【0079】このようにして、ウエハW上のショット領域の走査露光と次ショット領域露光のためのステッピング動作とが繰り返し行われ、ウエハW上の全ての露光対象ショット領域にレチクルRの回路パターンが順次転写される。

【0080】以上、詳細に説明したように、本実施形態の露光装置100によると、レチクルステージ周辺雰囲気湿度が一定以下に調整されるので、湿度による影響を受けやすい静電チャック35を用いてレチクルRを保持しても、安定した吸着力を発生させることができる。従って、レチクルステージRSTの移動の際、例えばレチクルステージRSTとウエハステージWSTとの同期移動の際等に、レチクルステージRSTを高加速度にて

駆動しても、レチクルRが位置ずれするのをほぼ確実に防止することができる。これにより、走査露光方式にてレチクルRのパターンをウエハW上の各ショット領域に投影光学系PLを介して正確に転写することができる。また、この走査露光に際して、縮小投影方式の走査型露光装置の律束条件となるレチクルステージRSTの最大加速度、最高速度をとともに向上させることができるので、露光時間の短縮によるスループットの向上が可能である。

【0081】なお、上記実施形態では、レチクルステージ周辺雰囲気の湿度調整のために、レチクルステージの周囲をチャンバ15で囲み、その内部の空気湿度を湿度調整装置60により調整したが、これに限らず、半導体工場内にドライエアの供給源を設け、この供給源から複数台の露光装置のエンバイロンメンタル・チャンバ内に配管系を介してドライエア(相対湿度5%程度)を供給する場合には、このドライエアをレチクルステージチャンバ15内に供給することにより、湿度調整を行っても良い。また、エンバイロンメンタル・チャンバ内の温度などを所定値に維持するために空調用の気体が供給されているが、その気体を供給する空調機などでその湿度を調整するだけでも良い。さらに、いずれの場合にも、レチクルステージチャンバ15は必須ではなく、設けなくても良いし、湿度調整装置60もいかなる構成であっても構わない。

【0082】《第2の実施形態》次に、本発明の第2の実施形態を図6～図8に基づいて説明する。ここで、前述した第1の実施形態と同一若しくは同等の構成部分については、同一の符号を用いるとともにその説明を簡略にし若しくは省略するものとする。

【0083】この第2の実施形態に係る露光装置は、レチクルステージ部分の構成が前述した第1の実施形態の露光装置と異なるのみで、その他の部分の構成等は第1の実施形態の露光装置と同様になっている。従って、以下では、この相違点を中心として説明する。

【0084】図6には、本第2の実施形態に係るレチクルステージRST'及びレチクルチャック機構35'の構成が概略的に示されている。本実施形態のレチクルチャック機構35'は、第1の実施形態と同様、ホルダとしてのレチクル支持部材33a'、33b'、33c'、33d'(但し、レチクル支持部材33c'、33d'は不図示)を備えているが、本実施形態のレチクルチャック機構35'においては、第1の実施形態と同様の静電チャックに加え、チャック補助機構としての真空吸着・エアフロー機構の一部を併せ持つ構成となっている。

【0085】ここで、チャック補助機構について、レチクル支持部材33a'を取り出してかつ一部破断して示す図7の斜視図に基づいて説明する。レチクル支持部材33a'の上面(レチクルRが載置される側の面)に

は、平面視矩形で所定深さの凹溝71が形成されている。この凹溝71の-Y側の側壁には、一端が凹溝71の内部空間に連通し、他端がレチクル支持部材33a'の下面の外部に連通した逆L字状の貫通孔72が形成されている。この貫通孔72の他端側は、実際には、図6に示されるように、レチクルステージRST内部に形成された通気孔73と連通し、この通気孔73のレチクルステージRSTの外側側の端部は、配管37の一端に接続されており、この配管37の他端側は、二股に分岐し、一方の分岐端は真空源（例えばバキュームポンプ）に接続され、他方の分岐端は空気源（例えば空気ポンプ）に接続されている。配管37の前記分岐部には、方向切換え弁が設けられており、この方向切換え弁を切り換えることにより、配管37を真空源側に接続したり、空気源側に接続したりできるように構成されている。

【0086】また、レチクル支持部材33a'の凹溝71の下側には、前述した第1実施形態の静電チャック35と同様の静電チャックを構成する平板電極45aが埋め込まれている。この平板電極45aは、導線46A及びスイッチSWを介して直流電圧源55の負極に接続されている。

【0087】その他のレチクル支持部材33b'、33c'、33d'も、上記レチクル支持部材33a'と同様に、凹溝71及び逆L字状の貫通孔72が形成されている。また、これらのレチクル支持部材33b'、33c'、33d'に形成された貫通孔72の凹溝71と反対側の端部は、レチクルステージRST'内部に形成された通気孔73に連通している（図6参照）。また、レチクル支持部材33b'、33c'、33d'の凹溝71の下側には平板電極45b、45c、45dがそれぞれ埋め込まれている。また、これらの平板電極45b、45c、45dは、第1の実施形態の場合と同様に、直流電圧源55等に接続され、静電チャック機構が構成されている（図3参照）。

【0088】本実施形態では、前述した第1の実施形態の場合と同様に、平板電極45a～45dを含んで構成される静電チャックによる静電吸引力によりレチクルRをレチクル支持部材33a'～33d'に吸着保持することができる。また、本第2の実施形態では、方向切換え弁を真空源側に切り換えると同時に、真空源をオンにすることにより、上記の真空源で発生した負圧により配管37、通気孔73及び貫通孔72を介してそれぞれの凹溝71部分にレチクルRに対する真空吸引力を発生させる（以下、「バキューム」とも呼ぶ）ことにより、静電チャック機構のみを用いる場合に比べて、レチクル支持部材33a'～33d'部分とレチクルRとの間の吸引力（吸着力）を増加させることができる。一方、方向切換え弁を空気源側に切り換えると同時に、空気源をオンにすることにより、上記の空気源から発生する加圧空気を配管37、通気孔73及び貫通孔72を介

してそれぞれの凹溝71部分からレチクルRに対し噴出する（以下、「エアフロー」とも呼ぶ）ことにより、静電チャック機構が発生する、レチクル支持部材33a'～33d'部分とレチクルRとの間の吸引力（吸着力）を、減少あるいはキャンセルすることができる。すなわち、本第2の実施形態では、レチクル支持部材33a'～33d'に形成された凹溝71、貫通孔72、レチクルステージRST内部に形成された通気孔73、配管37、方向切換え弁、真空源、及び空気源等によって、静電チャックとレチクルRとの間に生じる吸引力を増減させるチャック補助機構が構成されている。

【0089】次に、本第2の実施形態に係る静電チャックとチャック補助機構との制御方法、その時発生する吸着力（吸引力）の時間変化について図8（A）～図8（C）に基づいて説明する。

【0090】まず、静電チャックのみを用いる場合について、図8（A）を参照して説明する。

【0091】不図示のレチクルロードにより、レチクルステージRST'上のレチクル支持部材33a'～33d'上にレチクルRが載置されると、主制御装置90からの指示に応じて、ステージ制御系38によりスイッチSWがオンにされる。これにより、直流電圧源55から平板電極45a、45dと平板電極45b、45cとの間に直流電圧が印加され、ある一定の静電吸着力（以下「限界静電吸着力」という）を発生するまで（電荷が帯電（蓄積）されるまで）の間、静電吸着力 $P_1$ は緩やかなカーブを描くように上昇し続ける。そして限界静電吸着力に達した後は、電圧の印加が停止（解除）されるまで一定に保たれる。その後、スイッチSWがオフされて印加電圧の解除が行われると、平板電極45a～45dに蓄積していた電荷は徐々に解放されるので、全ての電荷が解放されるまで静電吸着力 $P_1$ は徐々に減少する。

【0092】図8（A）によれば、電圧の印加開始から、レチクルステージRST'に要求される加速度に耐え得る十分な吸着力 $P_0$ を発生するまでに時間 $T_1$ を要し、電圧を解除してからレチクルRを取りはずすことができるまでに時間 $T_2$ を要することがわかる。これらの時間 $T_1$ 、 $T_2$ の長短は、電荷の蓄積、開放の速さに依存しており、レチクル支持部材33a'～33d'の電気抵抗や、静電容量など材料の特性に大きく関わっている。しかしながら、レチクル支持部材33a'～33d'の材料としては、剛性の高さ、熱膨張率の低さなど、複数の特性に対して同時に十分な性能を持っていないため、必ずしも電荷の蓄積時間、開放時間の短い材料を選ぶことはできない。

【0093】一方、図8（B）には、前述したチャック補助機構を用いて、図8（A）の電圧の印加開始時点でバキュームを開始し、電圧印加解除の時点でバキュームを解除すると同時にエアフローを開始した場合の真空吸着力 $P_2$ の変化が示されている。この図8（B）から明

らかなように、チャック補助機構によるバキュームが開始されると、真空吸着力 $P_2$ は短時間で、所定の吸着力（前述した加速度に耐え得る十分な吸着力 $P_0$ より小さい）に達し、バキュームが解除されるまで一定の力が維持される。そして、バキュームが解除されかつエアフローが開始されると、短時間で所定の斥力を発生し、その後エアフローが解除されるまで一定の斥力が維持される。

【0094】図8（C）には、図8（A）と図8（B）の制御を同時に行ったとき、すなわち、静電チャックの平板電極間に電圧印加を開始すると同時にチャック補助機構によるバキュームを開始するとともに、電圧の印加を解除すると同時にエアフローを開始した場合の吸引力（吸着力）、及び斥力の時間変化が示されている。

【0095】この図8（C）に示されるように、電圧の印加及びバキュームが同時に開始されると、図8（A）の静電吸着力及び図8（B）の真空吸着力を合計した力（総吸着力） $P（=P_1+P_2）$ が生じる。このため、総吸着力 $P$ が要求される加速度に耐えられる吸着力 $P_0$ に達するまでの時間 $T1'$ は、図8（A）の時間 $T1$ よりも大幅に短縮される。また、電圧の印加停止及びエアフローの開始（この場合、バキュームの停止も意味する）がなされると、図8（A）に示される電圧解除から静電吸着力が無くなるまでの時間 $T2$ よりも短い時間 $T2'$ で吸着力が零となり、それ以降は、レチクルRをレチクル支持部材から離そうとする力（斥力）が発生するようになる。

【0096】従って、図8（C）のような制御を行うことにより、レチクルRをレチクルステージRST'上に載置してから所定の加速度の運動を開始できるまでの時間を短縮できると同時に、静電チャックの電極間の電圧印加の停止後、レチクルRをレチクルステージRST'上から取り外すことが可能となるまでの時間を短縮することができることがわかる。

【0097】そこで、本第2の実施形態では、主制御装置90が、図8（C）のようなチャック補助機構に対する制御を行うようにしている。その他の部分の構成等は、前述した第1の実施形態と同様になっている。

【0098】以上説明したように、本第2の実施形態の露光装置によると、前述した第1の実施形態と同等の効果をえられる他、レチクルステージRST'に保持対象のレチクルRに対するバキューム及びエアフローを行うことにより、静電チャックとレチクルRとの間に生じる吸引力を増減させるチャック補助機構の少なくとも一部が設けられていることから、静電チャックで発生する静電吸引力をチャック補助機構が発生する真空吸引力及びエアフローによる斥力により、増減させることができる。

【0099】また、本第2の実施形態によると、主制御装置90が、静電チャックの電極に対する前記電圧の印

加と同時にチャック補助機構によるレチクルRに対するバキュームを開始するとともに、前記電圧印加の停止とほぼ同時にチャック補助機構からレチクルRに対してエアフローを開始（バキュームの停止も同時に行われる）する。このため、静電吸着のみを採用した場合と比べ、電圧を印加してから所望の吸着力を発生するまでの時間及び電圧を解除してから吸着力が零になるまでの時間を大幅に短縮することができる。従って、レチクルステージRST'上にレチクルRを載置してから所定の加速度で動かし始めるまでの時間、レチクルステージRST'を停止してからレチクルRを取り外すことができるまでの時間が短縮される。これにより、露光装置全体のスループットを向上させることが可能となる。

【0100】なお、本第2の実施形態の静電チャック及びチャック補助機構の制御方法としては、図9（A）～（C）に示すような方法を採用することもできる。ここでの制御方法としては、静電チャックの制御を前述と同様に行い、チャック補助機構の制御に変更を加えている。なお、図9（A）は、静電チャックの制御方法及びその時の吸着力の変化を示す図、図9（B）は、チャック補助機構の制御方法及びその時の吸着力の変化を示す図、図9（C）は、静電チャックとチャック補助機構とを併用したときの吸着力の変化を示す図である。

【0101】これによると、主制御装置90の制御の下、図9（A）、（B）に示されるように静電吸着及びバキュームが同時に開始される。そして図9（C）に示されるように、開始から時間 $T1'$ 経過後、総吸着力 $P$ が、 $P_0$ に達した段階で、真空吸着力 $P_2$ が徐々に弱められていく。その後、電圧解除とエアフロー開始が同時に行われ、時間 $T2''$ 経過後、総吸着力 $P$ が零になった段階で、総吸着力 $P$ の値を零で維持するように、チャック補助機構の加圧空気の噴出量が制御される。

【0102】このようなチャック補助機構の制御を行うことで、バキューム及びエアフローの時間（及び量）を短縮することができるので、効率的であるとともに、必要とされる吸着力よりも極端に大きな力でレチクルRを保持しないため、レチクルRの変形を極力抑制することができる。また、電極に対する印加電圧を解除してから、レチクルRを取り外すことができるまでにかかる時間をより短くすることができ、更には、加圧空気の余分な噴出しが無いため、レチクルステージ周辺の雰囲気汚染も抑制される。

【0103】なお、上記第2の実施形態では、バキュームとエアフローとが、1つのチャック補助機構によって行われるものとしたが、これに限らず、バキュームを行う機構及びエアフローを行う機構を別々に設けても良いことは勿論である。また、レチクルステージ上に静電チャックとともにバキューム機構、エアフローを行う機構のいずれか一方のみを備えるようにしても良く、この場合にも電圧印加時、電圧印加解除時に前述と同様のバキ

ューム制御、エアフロー制御を行うことにより、スループットの向上を図ることができる。また、静電チャックとチャック補助機構とを一体構成ではなく、別々に設けても良い。

【0104】また、上記第2の実施形態では、第1の実施形態と同様レチクルステージの周辺雰囲気湿度調整を行う構成としたが、レチクル交換終了後、レチクルステージの駆動開始までの時間の短縮、レチクル交換にかかる時間の短縮という観点からは、湿度調整は必ずしも行わなくて良い。従って、かかる目的のためには、レチクルステージRSTを空気雰囲気中で必ずしも使用する必要がなく、例えば、窒素、ヘリウム等の不活性ガスのバージが行われる条件下で使用しても良い。また、この場合、チャック補助機構からは加圧気体として同一又は異なる種類の不活性ガスを噴き出すこととすれば良い。なお、第1の実施形態で大気圧下の空気中での使用を前提としたのは、窒素、ヘリウムなどの不活性ガス雰囲気下では波長が200nm程度以下、特に180nm程度以下の露光用照明光に対して水蒸気が透過率などを低下させる不純物となるので、その湿度が予め低く設定されており、結果としてその管理が不要だからである。但し、空気以外の不活性ガスなどの雰囲気下であってもその湿度が静電チャックの吸引力を許容値よりも低下させる可能性がある時には同様に湿度制御を行うことが好ましい。

【0105】また、上記各実施形態の露光装置では、最大加速度 $\alpha$ は走査露光の加減速時に生じるとは限らず、それ以外、例えばステッピング時、レチクルのロード・アンロードポジションへの移動時あるいはレチクルアライメント時、ベースライン計測時などで生じることもある。従って、實際上、走査露光の際に最大加速度 $\alpha$ を達成する必要がなくとも、走査露光時以外において最大加速度にてステージを駆動するときには、本発明（上記第1の実施形態又は第2の実施形態）を適用すると良い。また、ステッパ等の静止型露光装置でも、上記と同様に、例えばステッピング時、レチクルのロード・アンロードポジションへの移動時あるいはレチクルアライメント時、ベースライン計測時などで最大加速度が生じ得る。従って、かかる静止型露光装置においても、前述したステッピング時などで高加速度が要求されるときには、発明を適用することが好ましい。

【0106】なお、上記各実施形態では、静電チャック及びチャック補助機構がホルダとしてのレチクル支持部材に設けられていたが、これに限らず、レチクルステージに直接設けるようにしても良い。

【0107】なお、上記各実施形態では、特定ステージがレチクルステージであることとして説明したが、これに限らず、特定ステージがウエハステージであっても、レチクルステージ及びウエハステージの両者であっても良い。かかる場合には、ウエハステージ上のウエハを安

定的に保持することが可能であり、特に投影光学系として等倍系あるいは拡大系を採用した場合に効果的である。

【0108】また、上記各実施形態では、本発明がスキャニング・ステッパに適用された場合について説明したが、これに限らず、ステップ・アンド・リピート方式のステッパ等の静止露光型の露光装置にも適用できる。

【0109】なお、複数のレンズから構成される照明光学系、投影光学系を露光装置本体に組み込み、光学調整をするとともに、多数の機械部品からなるレチクルステージやウエハステージを露光装置本体に取り付けて配線や配管を接続し、更に総合調整（電気調整、動作確認等）をすることにより、上記実施形態の露光装置を製造することができる。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行うことが望ましい。

【0110】なお、本発明は、半導体製造用の露光装置に限らず、液晶表示素子などを含むディスプレイの製造に用いられる、デバイスパターンをガラスプレート上に転写する露光装置、薄膜磁気ヘッドの製造に用いられるデバイスパターンをセラミックウエハ上に転写する露光装置、撮像素子（CCDなど）、マイクロマシン及びDNAチップなどの製造に用いられる露光装置などにも適用することができる。また、半導体素子などのマイクロデバイスだけでなく、光露光装置、EUV露光装置、X線露光装置、及び電子線露光装置などで使用されるレチクル又はマスクを製造するために、ガラス基板又はシリコンウエハなどに回路パターンを転写する露光装置にも本発明を適用できる。ここで、DUV（遠紫外）光やVUV（真空紫外）光などを用いる露光装置では一般的に透過型レチクルが用いられ、レチクル基板としては石英ガラス、フッ素がドーブされた石英ガラス、螢石、フッ化マグネシウム、又は水晶などが用いられる。また、プロキシミティ方式のX線露光装置、又は電子線露光装置などでは透過型マスク（ステンシルマスク、メンブレンマスク）が用いられ、マスク基板としてはシリコンウエハなどが用いられる。

【0111】《デバイス製造方法》次に上述した露光装置をリソグラフィ工程で使用したデバイスの製造方法の実施形態について説明する。

【0112】図10には、デバイス（ICやLSI等の半導体チップ、液晶パネル、CCD、薄膜磁気ヘッド、マイクロマシン等）の製造例のフローチャートが示されている。図10に示されるように、まず、ステップ201（設計ステップ）において、デバイスの機能・性能設計（例えば、半導体デバイスの回路設計等）を行い、その機能を実現するためのパターン設計を行う。引き続き、ステップ202（マスク製作ステップ）において、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。一方、ステップ203（ウエハ製造ステップ）において、

シリコン等の材料を用いてウエハを製造する。

【0113】次に、ステップ204（ウエハ処理ステップ）において、ステップ201～ステップ203で用意したマスクとウエハを使用して、後述するように、リソグラフィ技術等によってウエハ上に実際の回路等を形成する。次いで、ステップ205（デバイス組立てステップ）において、ステップ204で処理されたウエハを用いてデバイス組立てを行う。このステップ205には、ダイシング工程、ボンディング工程、及びパッケージング工程（チップ封入）等の工程が必要に応じて含まれる。

【0114】最後に、ステップ206（検査ステップ）において、ステップ205で作成されたデバイスの動作確認テスト、耐久テスト等の検査を行う。こうした工程を経た後にデバイスが完成し、これが出荷される。

【0115】図11には、半導体デバイスにおける、上記ステップ204の詳細なフロー例が示されている。図11において、ステップ211（酸化ステップ）においてはウエハの表面を酸化させる。ステップ212（CV Dステップ）においてはウエハ表面に絶縁膜を形成する。ステップ213（電極形成ステップ）においてはウエハ上に電極を蒸着によって形成する。ステップ214（イオン打ち込みステップ）においてはウエハにイオンを打ち込む。以上のステップ211～ステップ214それぞれは、ウエハ処理の各段階の前処理工程を構成しており、各段階において必要な処理に応じて選択されて実行される。

【0116】ウエハプロセスの各段階において、上述の前処理工程が終了すると、以下のようにして後処理工程が実行される。この後処理工程では、まず、ステップ215（レジスト形成ステップ）において、ウエハに感光剤を塗布する。引き続き、ステップ216（露光ステップ）において、上で説明したリソグラフィシステム（露光装置）及び露光方法によってマスクの回路パターンをウエハに転写する。次に、ステップ218（エッチングステップ）において、レジストが残存している部分以外の部分の露出部材をエッチングにより取り去る。そして、ステップ219（レジスト除去ステップ）において、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。

【0117】これらの前処理工程と後処理工程とを繰り返すことによって、ウエハ上に多重に回路パターンが形成される。

【0118】以上説明した本実施形態のデバイス製造方法を用いれば、露光工程（ステップ216）において上記実施形態の露光装置が用いられるので、高スループッ

トな露光を行うことができる。従って、マイクロデバイスを生産性良く製造することができる。

【0119】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明の露光装置によれば更なるスループットの向上を実現することができるという効果がある。

【0120】また、本発明のデバイス製造方法によれば、デバイスの生産性を向上することができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態の露光装置の構成を概略的に示す図である。

【図2】図1のレチクルステージ及びその周辺を示す平面図である。

【図3】図1のレチクルチャック機構の構成を示す斜視図である。

【図4】第1の実施形態に係るレチクルチャック機構の原理を説明するための図である。

【図5】レチクルステージの周辺湿度と発生する静電吸着力の関係を示すグラフである。

【図6】第2の実施形態にかかるレチクルチャック機構の構成を示す図である。

【図7】図6のレチクル保持部材の内部構造を示す図である。

【図8】図8（A）～図8（C）は、第2の実施形態の静電チャックとチャック補助機構との制御方法、その時発生する吸着力（吸引力）の時間変化について説明するための図である。

【図9】図9（A）～図9（C）は、第2の実施形態の静電チャックとチャック補助機構とその他の制御方法を説明するための図である。

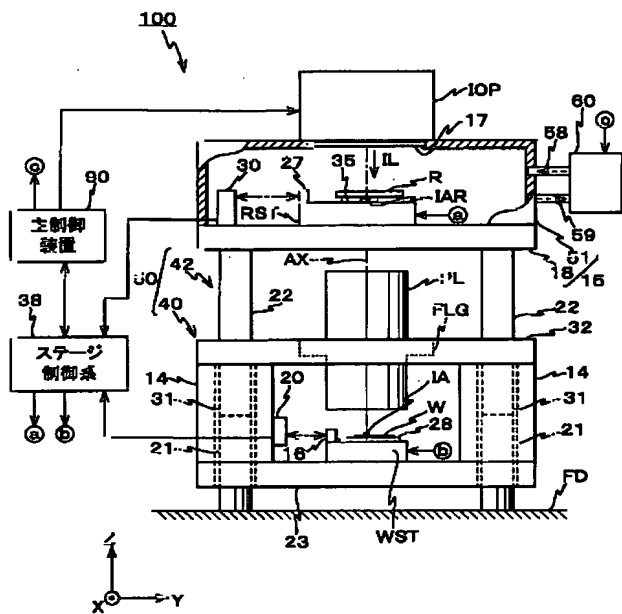
【図10】本発明に係るデバイス製造方法を説明するためのフローチャートである。

【図11】図10のステップ204の具体例を示すフローチャートである。

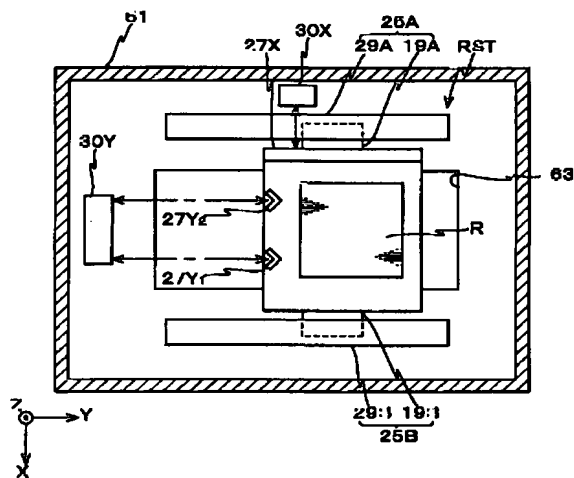
【符号の説明】

10…露光装置、33a～33d…レチクル支持部材（ホルダ）、35…静電チャック、37…配管（チャック補助機構の一部）、45a～45d…平板電極（電極）、60…湿度調整装置、71…凹溝（チャック補助機構の一部）、72…貫通孔（チャック補助機構の一部）、73…通気孔（チャック補助機構の一部）、90…主制御装置（制御装置）R…レチクル（第1物体）、RST…レチクルステージ（第1ステージ）、W…ウエハ（第2物体）、WST…ウエハステージ（第2ステージ）。

【図 1】

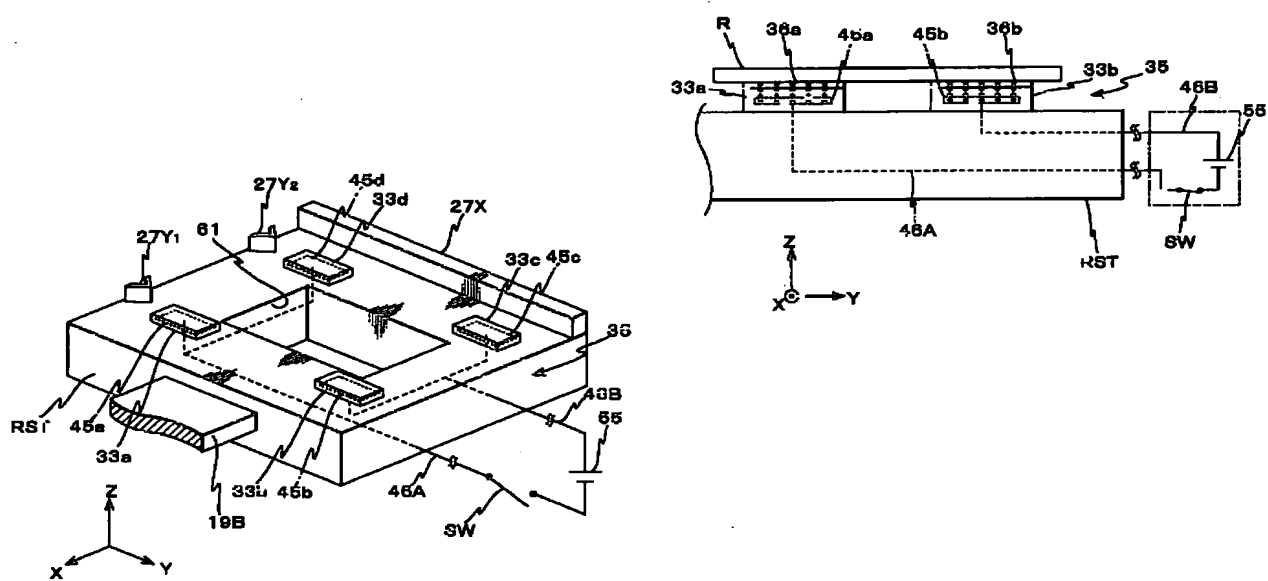


【図2】

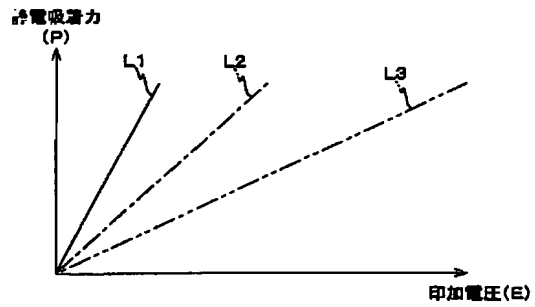


【図4】

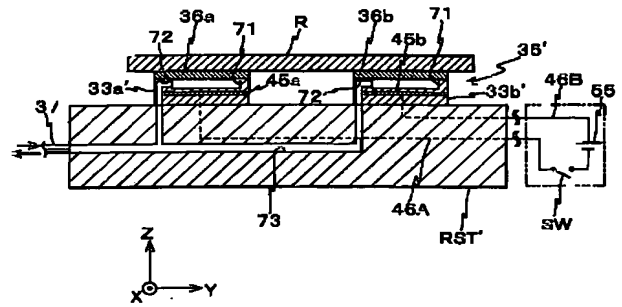
【図3】



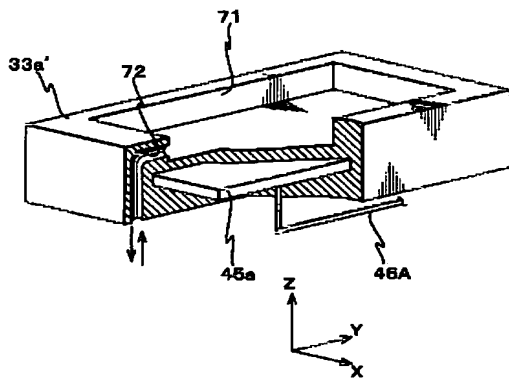
【図5】



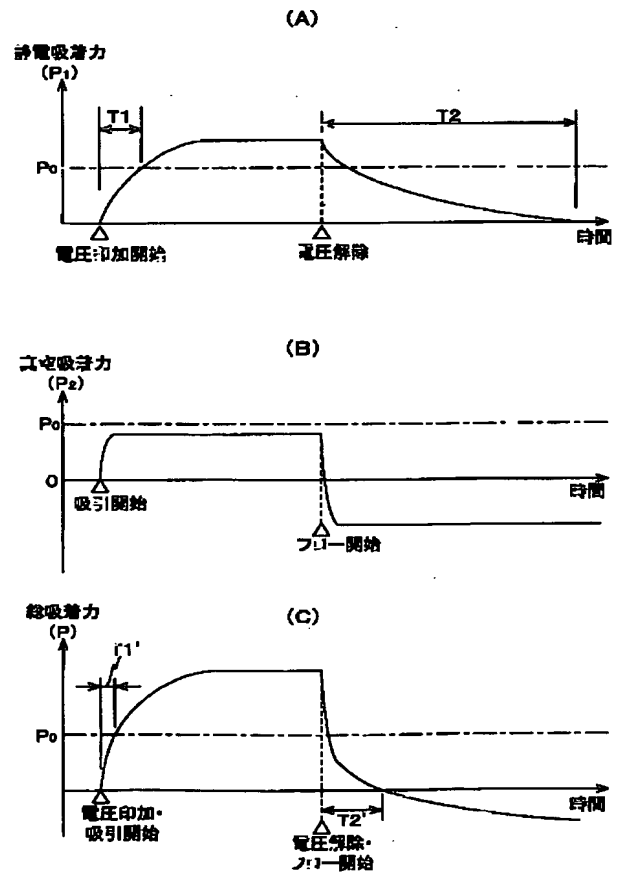
【図6】



【図7】

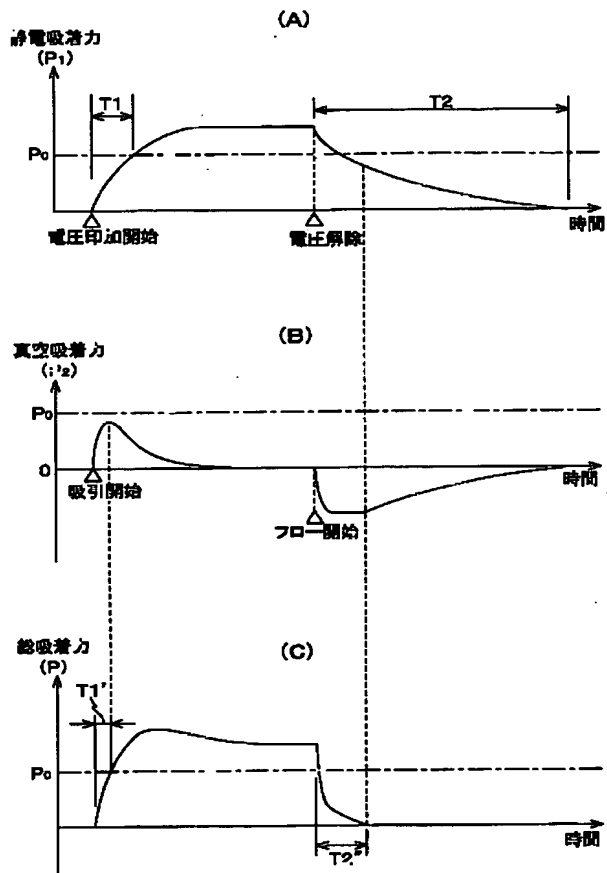


【図8】

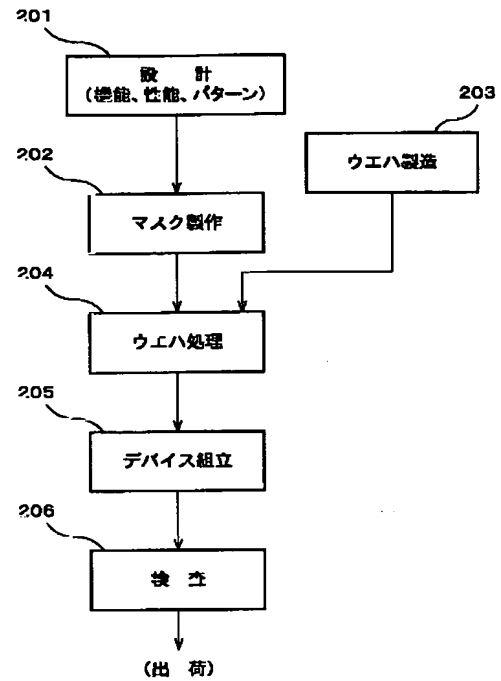




【図9】



【図10】



【図11】

